

Jerzy Herdzik

Wybrane zagrożenia od farm wiatrowych posadowionych na morzu

JEL: Q01. DOI: 10.24136/atest.2018.335.

Data zgłoszenia: 04.07.2018. Data akceptacji: 01.08.2018.

W artykule omówiono problem zagrożeń od farm wiatrowych posadowionych na morzu. Przedstawiono możliwości (zależne od wietrzności) wykorzystania energii wiatru na obszarze Europy. Podano stan i perspektywy morskiej energetyki wiatrowej w Europie i w Polsce. Dokonano charakterystyki turbin wiatrowych stosowanych na morzu szelfowym. Podano przykład planowanych inwestycji na obszarze polskiej strefy ekonomicznej i wód terytorialnych.

W artykule skupiono się na wybranych zagrożeniach, w tym artykułowanych przez grupy osób przeciwnych wiatrakom, próbujących powstrzymać rozwój turbin wiatrowych poprzez ograniczenia lokalizacyjne. Lobby firm budujących wiatraki (posiadających duże fundusze) i działania legislacyjne np. Unii Europejskiej preferujące energię uzyskiwaną ze źródeł odnawialnych stoją w opozycji do działań grup ludzi, mieszkających na obszarze, na którym mają być postawione turbiny wiatrowe i niektórych grup ekologów. Przy argumentach stron znacząco różniących się wnioskami końcowymi, trudno jest zająć stanowisko neutralne, a zarazem zgodne z obecną wiedzą i osiągnięciami naukowymi.

Niewątpliwie należy podjąć działania kompromisowe, pozwalające na rozwój energetyki wiatrowej.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, energia odnawialna, zagrożenia od farm wiatrowych.

Wstęp

Energia mechaniczna pozyskiwana z wiatru jest rozwiązaniem znanym od bardzo dawna. Wiatraki służyły do napędu pomp osuszających poldery, a najczęściej do napędu kół młyńskich. Upowszechnienie energii elektrycznej i silników napędzanych nią zapoczątkowało okres odchodzenia wiatraków do lamusa. Powoli wracają one w innej roli. Służą do napędzania prądnic i wytwarzania prądu elektrycznego [11, 15]. Wykorzystując wiatr jako źródło odnawialnej energii (OZE) są uważane za proekologiczne i w wielu krajach preferowane finansowo (dopłaty do OZE) lub z konieczności tolerowane (wymogi procentowe pozyskiwania energii z OZE). Zasoby energii wiatru (zwanej wietrznością) szacowane na 2030 rok dla obszaru Europy przedstawiono na rys. 1. Obszary zaznaczone kolorem zielonym są najbardziej atrakcyjnymi pod względem energetycznym. Dominują tu nadbrzeżne obszary Morza Północnego i Bałtyckiego. Oznacza to, że zwrócenie uwagi na przybrzeżne wody, szczególnie szelfowe, bo powinno być łatwiej uzyskać zgodę na budowę grupy wiatraków (farmy) na obszarach, na których nie ma zabudowy mieszkaniowej, przemysłowej itp.

1. Sektor morskiej energetyki wiatrowej

1.1. Morska energetyka wiatrowa w liczbach

Wiele firm energetycznych zainteresowało się energetyką wiatrową, w tym na morzu, uzyskując wiele sukcesów. Nastąpił znaczący rozwój i postęp w technologii, technice i możliwościach budowy i eksploatacji farm wiatrowych [1, 16, 2].

Następuje dynamiczny wzrost liczby budowanych farm oraz dostępnej mocy z wiatraków. Przykładowo w Europie, porównując rok

2015 i 2014, nastąpił wzrost zainstalowanej mocy o 108,3% (przy 41% wzroście liczby wiatraków).

W lutym 2016 roku pracowało w Europie 3230 morskich turbin wiatrowych o łącznej zainstalowanej mocy 11027 MW [9]. Były one zgrupowane w 84 farmach na wodach terytorialnych lub w strefach ekonomicznych 11 państw. Na Morzu Północnym znajdowało się 69% zainstalowanych wiatraków, na Morzu Bałtyckim 13% oraz 18% na Morzu Irlandzkim. Wśród nowych inwestycji: 86,1% znajduje się na Morzu Północnym, 9,2% na Morzu Bałtyckim i 4,7% na Morzu Irlandzkim [10].

Zainstalowana moc morskich farm wiatrowych w poszczególnych krajach Europy wynosiła (2016 rok):

- ♦ w Wielkiej Brytanii – 5,07 GW;
- ♦ w Niemczech – 3,3 GW;
- ♦ w Danii – 1,27 GW;
- ♦ w Belgii – 0,71 GW itd.

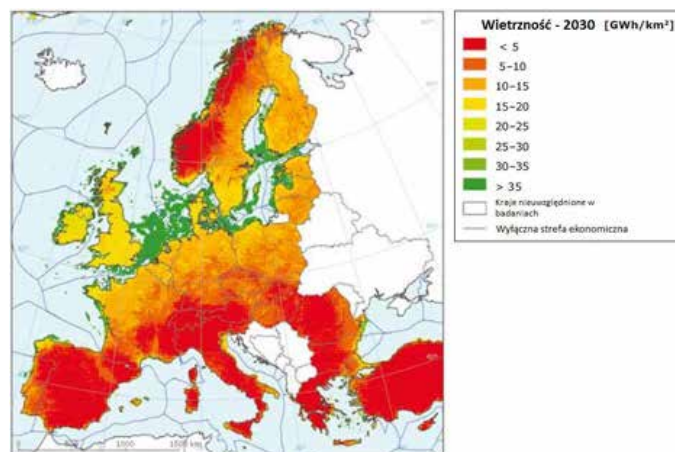
1.2. Morska energetyka wiatrowa w Polsce

Pierwsza polska morska farma wiatrowa miała być przyłączona do sieci w 2021 roku. Operator sieci przesyłowej PSE S.A. podpisał z dwoma inwestorami umowę dla morskich farm wiatrowych o mocy 2,25 GW z terminem przyłączenia na koniec 2025 roku. Szacuje się, że realny potencjał w Polsce wynosi 6 GW do 2030 roku. Dla porównania w 2017 roku sumaryczna moc elektrowni podłączonych do polskiej sieci elektroenergetycznej wynosiła około 42GW.

Na dzień 4 maja 2016 roku liczba wydanych i obowiązujących pozwoleń wynosiła 13 na 70 złożonych wniosków [9] na wznoszenie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń na polskich obszarach morskich dla morskich farm wiatrowych.

Na rys. 2. przedstawiono decyzje lokalizacyjne morskich farm wiatrowych w polskiej strefie ekonomicznej dla wyszczególnionych firm.

Prace przy budowie farm wiatraków w polskiej strefie ekonomicznej zaczną się najwcześniej w 2021 roku. Przyłączenie do sieci energetycznej może nastąpić do 2025 roku.



Rys. 1. Energia wiatru (wietrzność) w Europie w roku 2030 [Europejska Agencja Środowiska, 2009] [9]



Rys. 2. Wydane decyzje lokalizacyjne morskich farm wiatrowych w polskiej strefie ekonomicznej [5]

2. Charakterystyczne cechy wiatraków zlokalizowanych na morzu

2.1. Główne parametry wiatraków do lokalizacji na morzu

Przyjmuje się standardowo, że czas eksploatacji turbiny wiatrowej będzie wynosił przynajmniej 20 lat. Obecnie przyjmuje się, że najlepszym rozwiązaniem jest budowa morskich turbin wiatrowych o mocy 0,8–1,5 MW z jednej turbiny. Ze względu na poszukiwanie rozwiązań najlepszych pod względem ekonomicznym powstały projekty większych turbin o mocach od 3 do 10 MW. Przykład turbiny Vestas o mocy 8-9,5 MW w porównaniu do innych obiektów przedstawiono na rys. 3.

W projekcie Hornsea 2 (Wielka Brytania) firma duńska DONG podjęła się realizacji i budowy 300 turbin o wysokości co najmniej 190 m na powierzchni około 800 km², w odległości 89 km od wybrzeży hrabstwa Yorkshire o mocy łącznej 1386 MW (największa moc na 2017 r.). Podłączenie do sieci energetycznej ma nastąpić w 2022 r. w cenie 57,5 GBP/MWh. Jako ciekawostkę rząd Wielkiej Brytanii podjął decyzję o likwidacji elektrowni węglowych do 2025 r., a elektrowni jądrowych (dających w 2017 roku 20% mocy w systemie energetycznym) do 2030 roku. Produkcja energii elektrycznej z farm wiatrowych stanowiła 11%.

W projekcie spółki PGE Energia Odnawialna S.A. [17] rozpoczyna się etap badawczy. W planach projektu MFW Baltica realizowanych na obszarze Baltica-2 i Baltica-3 są następujące dane techniczne poszczególnych etapów (tab.1).

Przykład budowy turbiny wiatrowej na obszarze Morza Bałtyckiego przedstawiono na rys. 4.

Podstawą działań koncepcyjnych, projektowych, budowlanych, montażowych i eksploatacyjnych musi być rachunek ekonomiczny. Duży wpływ na rachunek końcowy mają działania państw lub grupy państw (Unia Europejska). Można stwarzać warunki sprzyjające rozwojowi technologii OZE poprzez zmniejszanie podatków od urzędów bazujących na tej technologii, dofinansowanie projektów lub innych działań (np. wydawanie zielonych świadectw) itd. [2].

Tab. 1. Dane techniczne projektu Baltica-2 i Baltica-3 [17]

	Baltica-2	Baltica-3
Powierzchnia akwenu pod farmy	190 km ²	130 km ²
Odległość obszaru od brzegu	31 km	25 km
Maksymalna sumaryczna moc nominalna	1 500 MW	1 050 MW
Maksymalna liczba turbin wiatrowych	300	210
Moc nominalna z jednej turbiny	5 MW	5 MW
Maksymalna liczba morskich farm wiatrowych	10	7



Rys. 3. Porównanie masy i gabarytów turbiny wiatrowej MHI Vestas o mocy 8-9,5 MW z innymi obiektami [10]



Rys. 4. Montaż skrzydeł wiatraka na farmie EnBW Baltic 1 [11]

2.2. Przykład inwestycji na Morzu Bałtyckim

Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III (rys. 5) powstaje na polskich wodach terytorialnych około 23 km od linii brzegowej miejscowości Smołdżino. Planowane oddanie do użytku na lata 2021-2026. Rozważa się 2 warianty liczby i wielkości turbin: 120 sztuk lub 200 sztuk, rozlokowanych na powierzchni 117 km² oraz 6 morskich stacji elektroenergetycznych. Zdjęcie przykładowej stacji przedstawiono na rys. 6. Sumaryczna moc dyspozycyjna ma wynosić ok. 1,2 GW [8].



Rys. 5. Lokalizacja morskiej farmy wiatrowej Bałtyk Środkowy III



Rys. 6. Morska stacja elektroenergetyczna Alpha Ventus [8]

2.3. Wady wiatraków jako źródła energii

Budowa wiatraka wymaga wyłączenia określonego obszaru z działalności gospodarczej (np. rolniej, rybołówstwa, żeglugi). Wskazana jest (ze względu na koszty) budowa w pobliżu infrastruktury (dróg, łądu). Moc energii elektrycznej produkowanej z wiatraka zależy od jego mocy nominalnej. Szacowany stopień uzyskiwania wynosi około 17% mocy nominalnej. Oznacza to silną zależność od aktualnej sytuacji pogodowej. Nie można w sieci elektroenergetycznej bazować na energii z wiatraków. Muszą występować konwencjonalne elektrownie. Szacuje się, że ilość produkowanej mocy z wiatraków nie powinna przekraczać 20% mocy zapotrzebowanej. Problemem jest bardzo zła jakość energii elektrycznej produkowanej w turbinie wiatrowej (duże odstępstwa od prądu sinusoidalnego, występują wyższe harmoniczne zakłócające procesy przetwarzania prądu, występują trudności w utrzymaniu częstotliwości i napięcia prądu). W przypadku nadprodukcji energii z turbin wiatrowych nie można wyłączyć elektrowni konwencjonalnych, bowiem ponowny proces ich uruchomienia jest długi (szczególnie dla boków z turbinami parowymi) lub znacząco obniżyć ich obciążenia, bowiem prowadzi to do znacznego obniżenia ich sprawności. Wielokrotnie nadprodukcja energii z turbin wiatrowych (w Niemczech i w krajach ościennych) prowadziła do awarii w systemach elektroenergetycznych, w tym do wystąpienia zaniku napięcia w całej sieci (np. awaria z 4 listopada 2006 r.). Tamże wielokrotnie dochodziło do sytuacji, w której zachęcano odbiorców energii (duże zakłady przemysłowe) do zwiększenia poboru energii poprzez stosowanie ujemnych cen (płacono za pobór energii).

Budowa turbiny wiatrowej o wysokości od kilkudziesięciu do około 300 metrów (dla posadowionych na morzu) powoduje zmiany krajobrazu. Bardzo silnie ingerują one w krajobraz prowadząc do występowania wielu niekorzystnych zjawisk (p. 3).

Chcąc wykazać pewne absurdy Vaclav Klaus w książce „Błękitna planeta w zielonych okowach” podaje przykład zastąpienia elektrowni konwencjonalnej o mocy 1900 MW (np. blok elektrowni Opole) z turbinami wiatrowymi. Zakładając średnią moc na 17% mocy nominalnej, moc nominalną jednej turbiny wiatrowej 2 MW, to należy wybudować 4750 sztuk. Układając je w linii i stosując wymagane przepisami odstępstwa, zajęłyby 665 km (odległość Zakopane – Gdańsk).

Na podstawie czasu pracy turbin wiatrowych w Niemczech i ilości wytwarzanej energii oszacowano średni czas pracy w roku odpowiadający mocy nominalnej na poziomie 1715 godzin (wykorzystanie 19,6%) [6].

Zakłada się czas pracy turbiny wiatrowej na okres 20 lat. Prawdopodobnie okres ten będzie mógł być wydłużony do 25-30 lat. Jednak w analizach należy wziąć pod uwagę bilans wytworzonego dwutlenku węgla w procesach wytwarzania elementów turbiny wiatrowej, transporcie, montażu, eksploatacji i likwidacji, w tym budowy stacji transformatorowych, sieci przesyłowych i zasadniczo budowy (i/lub naprawy) dróg dojazdowych, wykopów itd. do ekwiwalentu niewytworzonego dwutlenku węgla w wyniku pracy turbiny wiatrowej.

Istnieje wzrastający w siłę opór części społeczeństwa przed budową elektrowni wiatrowych [6]. Tworzone są strony internetowe np. www.stopwiatrakom.eu służące wymianie informacji i tworzeniu lobby antywiatrakowemu [13]. Większość argumentów tamże używanych jest nieaktualne w stosunku do farm wiatrowych posadowionych na morzu. Opór społeczny będzie tu na pewno znacznie mniejszy.

3. Potencjalne zagrożenia od morskich farm wiatrowych

3.1. Główne zagrożenia od morskich farm wiatrowych

Każdą budowlę na morzu należy traktować jako przeszkodę utrudniającą lub uniemożliwiającą żeglugę. Z tego względu wskazaniem może być budowa tylko na obszarach wyłączonych z rybołówstwa i żeglugi. Turbina wiatrowa wymaga budowy dodatkowej infrastruktury: stacji transformatorowej, sieci przesyłowej, możliwości obsługi konserwacyjnej i remontowej itp. Szkielet turbiny wiatrowej z zasięgiem skrzydeł wirnika, gondola (z lądowiskiem dla helikoptera), fundament, konstrukcja wsporcza wymagają przestrzeni powiększonej o strefę bezpieczeństwa poprzez którą ustanowiono zakaz żeglugi.

Jako główne zagrożenia od farm wiatrowych wyróżnia się [12, 3, 13]:

- ♦ zaburzenie struktury dna w wyniku wierceń pod fundamenty, posadowienie, zabezpieczenie przed wymywaniem;
- ♦ wzrost zawiesiny w wodzie (w wyniku prac wokół elektrowni);
- ♦ uwalnianie zanieczyszczeń i biogenów z osadu do toni wodnej;
- ♦ osadzenie się wzburzonego sedymentu (zawiesiny);
- ♦ zakłócenie przepływu prądów lub pływów morskich;
- ♦ efekt sztucznej rafy;
- ♦ zwiększenie podwodnego hałasu i wibracji;
- ♦ emisja energii cieplnej z kabla energetycznego;
- ♦ emisja pola i promieniowania elektromagnetycznego;
- ♦ zakłócenia łączności bazującej na falach elektromagnetycznych;
- ♦ nowe struktury nad poziomem morza (wieża turbiny);
- ♦ zwiększony ruch jednostek pływających i helikopterów w ramach obsługi, przeglądu, konserwacji i napraw turbiny wiatrowej;
- ♦ zwiększona emisja hałasu nawodnego (praca wirnika turbiny, obracanie wirnika prądnicy, praca transformatorów lub przetwornic prądu);
- ♦ dodatkowe zawirowania powietrza wokół turbin wiatrowych (hałas), konieczność odpowiedniego posadowienia turbin względem siebie;
- ♦ emisja zanieczyszczeń powietrza w wyniku ruchu wokół turbiny;
- ♦ pogorszenie widoczności;
- ♦ wytwarzanie aerozoli wodnych;
- ♦ emisja zanieczyszczeń do wody;
- ♦ wytwarzanie odpadów;
- ♦ inwestycje (montaż) „starych” typów turbin wiatrowych, eksploatowanych wcześniej w krajach bardziej rozwiniętych;
- ♦ dodatkowe zjawiska świetlne: efekt stroboskopowy (efekt „disco”), migotanie cienia (zagrożenia padaczkowe).

Farma wiatrowa utrudnia znacząco migracje ptaków. Wymusza zmianę trasy przelotów i/lub wysokości lotu. Przykład urządzenia do skanowania radarowego tras przelotu i migracji ptaków w celu ograniczenia skutków budowy farm wiatrowych na morzu przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Skanowanie tras przelotów i migracji ptaków [11]

Turbina wiatrowa generuje dodatkowy poziom hałasu, szczególnie na częstotliwościach poniżej 400 Hz, w tym infradźwięków. Dodatkowy hałas ma wpływ na pogorszenie słuchu ptaków i organizmów morskich (np. morświnów). Jako największy problem podkreśla się oddziaływanie infradźwięków, których efekty nie zostały poprawnie zbadane lub naukowo zweryfikowane. W Internecie można znaleźć wiele mitów i legend [6], aczkolwiek za wieloma stoją autorytety naukowe, stąd konieczność pogłębionych naukowych badań.

Efekt stroboskopowy (migotania światła słonecznego w wyniku ruchu łopatek wirnika wiatraków) może być dokuczliwy (i niebezpieczny) dla otoczenia wokół elektrowni. Przy wysokości turbiny wiatrowej rzędu 300 m n.p.m. i położeniu Słońca tuż nad horyzontem efekt ten może mieć zasięg kilku/kilkunastu kilometrów.

Obecność kilkudziesięciu/kilkuset elektrowni wiatrowych może powodować lokalne zmiany klimatu, zmieniać siłę i kierunek prądów i pływów morskich. Stanowią przeszkodę dla żeglugi, z drugiej strony

Tab. 2. Wybrane parametry techniczne turbin wiatrowych będących w eksploatacji [14]

model	moc [MW]	Masa [t]					
		piasty	skrzydeł	wirnika	gondoli	wieży	sumaryczna
Vestas V80	2	18	6,5	37,5	69	155	216,5
Siemens 2.3	2,3	32,3	9,2	60	82	130	272
Vestas V90	3	40	9	67	70	110	247
Siemens 3.6	3,6	42,4	17,2	95	125	180	420
Areva M5000	5	62	16,5	110	233	200	543
RePower 5	5,075	84	24	156	290	210	656
RePower 6	6,15	84	24	156	316	285	757
Vestas V164	7	brak danych	35	227,5	390	brak danych	brak danych

będą dobrym punktem orientacyjnym, ale przede wszystkim istotnie zmieniają krajobraz - w wielu przypadkach będą widoczne z linii brzegowej.

3.2. Parametry morskich turbin wiatrowych

Budowa morskiej turbiny wiatrowej to poważna inwestycja finansowa. Na jej budowę zużywa się wiele materiałów i urządzeń, na wyprodukowanie których zużyto policzalną ilość energii i wyemitowano policzalną ilość dwutlenku węgla. Wybrane parametry techniczne (głównie masy poszczególnych elementów turbiny wiatrowej) przedstawiono w tab. 2.

Występuje tendencja do budowy turbin wiatrowych o coraz większej mocy (i większych gabarytach), szczególnie tych, które mają być posadowione na morzu - patrz rys. 1.

4. Inne zagrożenia od farm wiatrowych

4.1. Zachowanie się turbin wiatrowych w wyniku zagrożenia zanikiem napięcia

Turbina wiatrowa nie służy tylko do wytwarzania prądu. Przy zbyt niskiej sile wiatru i po przekroczeniu ustalonej siły wiatru oraz w stanach awaryjnych musi być ona wyłączona z eksploatacji. Oznacza to odpowiednie ustawienie łopat (skrzydeł) turbiny w pozycji zerowego naporu oraz w stosunku do kierunku wiatru. Wirnik turbiny musi być utrzymywany na hamulcu elektrycznym (nie może się obracać w tych stanach), czyli pobiera prąd. Ponadto wymagane jest odpowiednie oświetlenie turbiny wiatrowej, zasilanie stacji przetwornic (transformatorów) itd.

Aby turbina wiatrowa oddawała prąd do sieci energetycznej poprzez stację przetwornic wymagane jest spełnienie warunków synchronizacji z siecią. Można uznać, że sieć elektroenergetyczna jest siecią sztywną (tj. wymusza utrzymywanie określonej częstotliwości i napięcia prądu) i to układ automatyki prądnicy turbiny musi się do niej dostosować [7].

Występuje zróżnicowanie generacji wiatrowej (elektrowni z turbinami wiatrowymi), na którą składają się:

- ♦ małe farmy wiatrowe i pojedyncze turbiny przyłączone do sieci średniego napięcia;
- ♦ farmy wiatrowe o mocy rzędu 20-100 MW przyłączane do sieci wysokiego napięcia 110 kV;
- ♦ duże farmy wiatrowe o mocy ponad 100 MW przyłączane bezpośrednio do sieci przesyłowej.

Z tego względu zachowanie się turbiny wiatrowej będzie miało zróżnicowany wpływ na sieć [15]. W pierwszych dwóch przypadkach można mówić o zachowaniu pasywnym, rozumianym jako zagrożenie ewentualnego wyłączenia się farmy po przekroczeniu pewnej wartości napięcia i/lub częstotliwości. O warunkach za- i wyłączenia turbiny (farmy) wiatrowej winien decydować operator sieci dystrybucyjnej. W ostatnich latach zaostrzono wymagania dla farm wiatrowych np. wymagając regulacji częstotliwości w obu kierunkach oraz regulacji (kompensacji) mocy biernej. Dla turbin wiatrowych sprzed 20 lat stawiono bardzo łagodne warunki współpracy: wyłączenie następowało dopiero przy spadku napięcia poniżej 0,9 Unom oraz częstotliwości poniżej 49,5 Hz.

Przy mocach z farm wiatrowych powyżej 100 MW można mówić o aktywnym zachowaniu przy zagrożeniu zanikiem napięcia (blackoutu). Wymaga się od nich regulacji napięcia w punkcie przyłączenia oraz maksymalne wykorzystanie generacji mocy biernej. Obowiązują wymagania, odnośnie zakresów napięcia i częstotliwości, przy których wiatraki nie mogą być wyłączone. W systemie LVRT (Low Voltage Ride Through) farmy wiatrowe nie wyłączają się nawet przy stanach bliskich zwarcia (gdy przez krótki czas rzędu 0,1 s napięcie prądu spada do wartości bliskiej zeru).

Wskazane jest, aby regulacja mocy i częstotliwości miała miejsce w regulatorze farmy, a następnie rozdzielana na poszczególne turbiny [7].

Nadprodukcja mocy z farm wiatrowych, przy niemożliwości ich wyłączenia z sieci, generuje zagrożenia dla całej sieci. Niestety pozostaje nierozwiązany problem możliwości akumulacji dużych ilości energii elektrycznej, szczególnie prądu przemiennego.

4.2. Konieczność demontażu elementów turbiny wiatrowej po zakończeniu okresu eksploatacji

Jak dla każdego obiektu technicznego przychodzi czas na decyzję o demontażu elementów turbiny wiatrowej. Likwidacja może mieć miejsce w przypadku:

- ◆ likwidacji planowanej po okresie 20–30 lat;
- ◆ likwidacji z przyczyn technicznych (awaria, zużycie, błędy w trakcie budowy) – po nadaniu nakazu likwidacji;
- ◆ likwidacji z przyczyn formalno-prawnych np. z powodu upływu terminu ważności decyzji lokalizacyjnej.

Planuje się następujące sposoby postępowania [7, 11]:

- ◆ turbina wiatrowa z wieżą usunięcie w całości po demontażu elementów;
- ◆ fundamenty usunięte do głębokości minimum 3 m lub za zgodą administracji pozostawione;
- ◆ kable wewnętrzne do usunięcia lub przykrycia osadami;
- ◆ ochrona przed wymywaniem fundamentów – pozostawiona;
- ◆ morskie stacje elektroenergetyczne do usunięcia lub ponownego wykorzystania.

Działania te powinny zostać określone już w fazie projektu, ponieważ mają wpływ na końcowe rozliczenie inwestycji.

5. Uwagi końcowe

Możliwość budowy turbin wiatrowych o większej mocy (i większych gabarytowo) posadowionych na obszarze morza szelfowego, budzi mniejszy opór społeczny i jest/będzie alternatywnym rozwiązaniem w poszukiwaniu źródeł energii odnawialnej. Przedstawione zagrożenia od farm wiatrowych są artykułowane przez wiele środowisk, w tym przeciwników turbin wiatrowych. Należy je analizować, zmniejszać skutki oddziaływania na środowisko, a przede wszystkim przedstawić rzetelny bilans ekonomiczny. Dofinansowanie energii elektrycznej produkowanej ze źródeł OZE, preferencje dostarczania energii z tych źródeł (konieczność odbioru) prowadzi do wypaczeń i zagrożeń dla całego systemu elektroenergetycznego, w tym do awaryjnych wyłączeń i zaników napięcia dla odbiorców.

Należy rozwiązać problem, czy możliwe jest uzyskiwanie energii elektrycznej z energii wiatru przy konkurencyjnych cenach w stosunku do energetyki konwencjonalnej? Cena energii elektrycznej dla końcowego odbiorcy jest głównym czynnikiem cenotwórczym wytwarzanych dóbr konsumpcyjnych. Protekcjonizm działań na pewnych obszarach przynosił tylko doraźne korzyści, w bilansie ogólnym zawsze straty. Państwo lub grupa państw powinna mieć za główny cel obniżanie cen energii elektrycznej dla końcowego odbiorcy, aby firmy mogły konkurować wytworzonymi dobrami na rynku światowym. Obszary wolnego handlu, które udało się stworzyć, zwiększyły obroty światowego handlu. Działania zaporowe (np. cła) mogą sytuację diametralnie zmienić.

Zagrożenia od farm wiatrowych będą miały wtedy znacznie mniejszy wydzźwięk.

Bibliografia:

1. *A Guide to an Offshore Wind Farm*, Published on a behalf of The Crown Estate, 2015.

2. *Creating the Clean Energy Economy. Analysis of the Offshore Wind Energy Industry*, International Economic Development Council, 2013.
3. *Danish Experiences from Offshore Wind Development*, Danish Energy Agency, 2017.
4. Herdzik J., *Zdarzenia wypadkowe na morzu i ich główne przyczyny*, Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2016, nr 10.
5. <https://wysokienapiecie.pl/10379-morskie-farmy-wiatrowe-planowane-na-baltyku/> (dostęp: 21 maja 2018).
6. Jurkiewicz J., *Oddziaływanie farm wiatrowych na środowisko naturalne i zdrowie człowieka*, opracowanie internetowe, 2012.
7. Mazur M., Sobczak B., *Zachowanie się farm wiatrowych w warunkach zagrożenia blackoutem*, Instytut Energetyki, Jednostka Badawczo-Rozwojowa, Gdańsk, 2007.
8. *Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III, Raport o oddziaływaniu na środowisko*, tom VI, Grupa Doradcza SMDI, 2015.
9. morskiefarmywiatrowe.pl (dostęp: 21 maja 2018).
10. *Offshore Wind Energy*, Environmental and Energy Study Institute, 2010.
11. *Offshore wind energy. An overview of activities in Germany*, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Berlin 2015.
12. *Offshore Wind Farms and the Environment*, Danish Energy Authority, 2006.
13. stopwiatrakom.eu (dostęp: 21 maja 2018).
14. Uraz E., *Offshore Wind Turbine Transportation & Installation Analyses. Planning Optimal Marine Operations for Offshore Wind Projects*, praca magisterska, Gotland University, Visby 2011.
15. Wiebes E., *Offshore Wind Energy Roadmap 2030*, Minister of Economic Affairs and Climate Policy, Haga 2017.
16. Wilson J.C., *i inni, Coastal and Offshore Wind Energy Generation: Is It Environmentally Benign?*, *Energies* 3/2010 str. 1383-1422, doi: 10.3390/en3071383.
17. www.globenergia.pl/farma-wiatrowa-na-morzu-baltyckim-rozpozeto-badania/ (dostęp: 12 lutego 2018 r.)

Chosen threats from wind farms located at sea

Paper discussed the problem of threats from wind farm located at sea. It was presented the possibilities (depends on wind energy) of wind energy utilization on the Europe area. It was mentioned the conditions and perspectives of construction the sea wind energy plants in Europe and Poland. It was performed the wind turbines characteristics used on sea shelf. An example of planned investments on Polish economical area and territorial waters was mentioned.

It was stayed focused on chosen threats, articulated through groups of people staying in opposite to wind turbine lobby, trying to stem the wind turbine development through localization limitations. The lobby of companies constructed the wind farms (having large funds) and legislation actions e.g. European Union preferring the energy obtained from renewable sources, stands in the opposition of people groups living on the areas in which the wind farms would be located and some groups of ecologists. It is a problem for neutral opinion when the arguments are different from these groups being in accordance with present knowledge and science achievements. Undoubtedly it is a necessary to undertake the compromise actions, allowing for wind power plant development.

Keywords: sustainable development, renewable energy, threats from wind farm.

Autor:

dr hab. inż. **Jerzy Herdzik**, prof. nadzw. AMG – Akademia Morska w Gdyni, Katedra Siłowni Okrętowych